

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
Направление подготовки – 11.03.04 «Электроника и микроэлектроника»  
Отделение школы (НОЦ) Электронной инженерии

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Прибор для температурной стимуляции вызванного нистагма</b>

УДК 617.761-009.24-07:536.5-048.65

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А41	Санжиев Чингис Бадмаевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Литвак Максим Михайлович	К.М.Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицын Владислав Владимирович	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Юлия Владимировна	К.Т.Н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Иванова В.С	К.Т.Н.		

Томск – 2018 г.

### Планируемые результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять базовые и специальные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в комплексной инженерной деятельности при разработке, производстве, исследовании, эксплуатации, обслуживании и ремонте современной высокоэффективной электронной техники	Требования ФГОС (ПК-1–3, 6, 8–12) <sup>1</sup> , Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Ставить и решать задачи комплексного инженерного анализа и синтеза с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей	Требования ФГОС (ПК-16, ОК-2, 3), Критерий 5 АИОР (пп. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Выбирать и использовать на основе базовых и специальных знаний необходимое оборудование, инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и иных ограничений	Требования ФГОС (ОК-1, ПК-3). Критерий 5 АИОР (пп. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Выполнять комплексные инженерные проекты по разработке высокоэффективной электронной техники различного назначения с применением базовых и специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов, соответствующих техническому заданию с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений	Требования ФГОС (ПК-3, 6, 9 – 11), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Проводить комплексные инженерные исследования, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных с применением базовых и специальных знаний и современных методов для достижения требуемых результатов	Требования ФГОС (ОК-1; ПК-6, ПК-18 – 21). Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование в предметной сфере электронного приборостроения, обеспечивать его высокую	Требования ФГОС (ПК-13 – 14, 27–30), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями

<sup>1</sup> Указаны коды компетенций по ФГОС ВПО (направление 210100 – Электроника и нанoeлектроника), утвержденному Приказом N 743 Министерства образования и науки РФ от 21.12.2009 г.

	эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды	международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Универсальные компетенции</i>		
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности	Требования ФГОС (ОК-9; ПК-21, 22). Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-3, ОК-14; ПК-11, 15, 21), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, проявлять навыки руководства группой исполнителей, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, с делегированием ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных задач	Требования ФГОС (ОК-8; ПК-23), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-4–5), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, компетентность в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности	Требования ФГОС (ОК-9, 15, 16; ПК-17), Критерий 5 АИОР (пп. 2.4, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P12	Проявлять способность к самообучению и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-6), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
Направление подготовки 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»  
Отделение школы (НОЦ) – Электронной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
1A41	Санжиеву Чингису Бадмаевичу

Тема работы:

Прибор для температурной стимуляции вызванного нистагма	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№9486/с от 30.11.2017 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p><b>Прибор для калорической стимуляции вызванного нистагма.</b></p> <p><b>Требования к прибору:</b> прибор создает поток воздуха с заданной регулируемой температурой в диапазоне от 19°C до 40°C</p> <p><b>Назначение:</b> медицинский прибор</p> <p><b>Режим работы:</b> периодический</p> <p><b>Питание:</b> от источника питания 12В 1А</p> <p><b>Условия эксплуатации:</b> нормальные</p> <p><b>Периодичность обновления температуры датчика:</b> 500мс</p>
---	--

<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области</li> <li>• проектирование прибора</li> <li>• расчет нагревательного элемента</li> <li>• программирование микроконтроллера</li> </ul>
<b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Принципиальная схема устройства;  Код программы.
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>  <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
<b>Финансовый менеджмент и ресурсоэффективность</b>	Спицын В.В.
<b>Социальная ответственность</b>	Анищенко Ю.В.

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Литвак М.М.	к.м.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А41	Санжиев Чингис Бадмаевич		

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
Направление подготовки 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»  
Уровень образования – Бакалавриат  
Отделение школы (НОЦ) – Электронной инженерии  
Период выполнения (осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

<b>Бакалаврская работа</b>
----------------------------

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН**  
**Выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполняемой работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела
16.02.2018	Литературный обзор	10
28.02.2018	Выбор и обоснование структурной схемы устройства	13
17.03.2018	Выбор и обоснование принципиальной схемы устройства	15
31.03.2018	Составление алгоритмов программы	12
12.04.2018	Написание кода программы	15
10.05.2018	Создание макета устройства	15
23.05.2018	Раздел «Социальная ответственность»	10
28.05.2018	Раздел «Финансовый менеджмент»	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Литвак М.М.	к.м.н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Иванова В.С	к.т.н.		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

### «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
1A41	Санжиеву Чингису Бадмаевичу

Школа	ИШНКБ	Отделение	Электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электроника и нанoeлектроника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Финансовые ресурсы: 2000руб.; Человеческие ресурсы 2 чел.;
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Премияльный коэффициент руководителя 30%; Премияльный коэффициент студента 30%; Доплаты и надбавки руководителя 20%; Доплаты и надбавки студента 20%; Дополнительной заработной платы 12%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30%
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30 %
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ	- Анализ конкурентных технических решений - технология QuaD, - SWOT-анализ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - разработка графика Ганта.
3. Определение финансовой, бюджетной и экономической эффективности исследования	- Определение эффективности исследования
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. Анализ конкурентных технических решений 2. Морфологическая матрица 3. Технология QuaD 4. Матрица SWOT 5. График проведения НИ	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицын В.В.	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1A41	Санжиев Ч.Б.		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1А41	Санжиев Чингис Бадмаевич

Школа	ИШНКИБ	Отделение	Электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроника и наноэлектроника

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является прибор для температурной стимуляции вызванного нистагма (прибор, необходимый для стимуляции реакции вестибулярного аппарата на внешний фактор в виде потока воздуха различной температуры, закачиваемого в ухо пациенту). Объект исследования может быть использован для оценки и анализа характеристик вестибулярного аппарата пациентов в медицинских учреждениях.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Производственная безопасность</b> 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:	Анализ вредных факторов, которые в свою очередь могут оказать негативное воздействие на человека. К ним относятся: <ul style="list-style-type: none"> <li>• монотонность труда.</li> <li>• недостаточная освещенность рабочей зоны.</li> </ul> А также при эксплуатации температурного стимулятора возможно воздействие на человека опасных производственных факторов: <ul style="list-style-type: none"> <li>• электрический ток;</li> <li>• термический ожог.</li> </ul>
<b>2. Экологическая безопасность:</b>	Минимальное воздействие на гидросферу и атмосферу. Остатки после обработки материалов оказывают небольшое влияние на литосферу. При пайке выделяются вредные вещества в атмосферу.
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	В лабораторном помещении возможно возникновении ЧС типа: <ul style="list-style-type: none"> <li>• пожар.</li> </ul>
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</b>	Соблюдение требований безопасности при работе с электрооборудованием Требование к помещению и рабочему месту при пайке



Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Юлия Владимировна	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А41	Санжиев Чингис Бадмаевич		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 68 с., 13 рис., 13 табл., 20 источников, 2 прил.

Ключевые слова: прибор, стимулятор, температурный, вызванный, нистагм.

Объектом исследования является прибор для температурной стимуляции вызванного нистагма.

Целью настоящей работы является изготовление, настройка и исследования температурного стимулятора калорического нистагма, который позволил бы проводить калорические пробы пациентов, являя собой аппарат для исследования вестибулярного аппарата пациента.

В процессе исследования проводились обзор литературы, формирование и расчет принципиальной схемы устройства, составление алгоритмов и написание кода программы, макетирование устройства, экспериментальные исследования, SWOT - анализ, влияния устройства на людей и экологию.

В результате был изготовлен прибор для температурной стимуляции вызванного нистагма, способный поддерживать температуру выходящего потока воздуха в пределах от 19°C до 40°C с периодичностью обновления температуры датчика в 500 мс.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: напряжение питания – 12В; ток – 1А. Периодичность обновления температуры: 500мс. Возможность регулировки температуры нагреваемого воздуха по кнопке; хранение установленного значения температуры в Еергом микроконтроллера (1024 байт); условия эксплуатации – лабораторные.

Степень внедрения: лабораторный макет.

Область применения: применяется в медицинских и клинических учреждениях для исследования вестибулярного аппарата пациента.

Экономическая эффективность/значимость работы: высокая конкуренция среди отечественных производителей; отсутствие производства подобных приборов на территории РФ делает разработку привлекательной с экономической точки зрения.

В будущем планируется создание комплексной системы исследования калорического нистагма путём добавления в данную разработку видеонистагмографа.

## **Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки**

USB – Universal Serial Bus

ICSP – In Circuit Serial Programming

EEPROM - Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory

SRAM - Static Random Access Memory

ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь

ОЗУ – оперативное запоминающее устройство

ШИМ – широтно-импульсная модуляция

Калорический нистагм – движение глаз, возникающее при искусственном охлаждении или согревании лабиринта уха человека.

Эндолимфа – жидкость внутри перепончатого лабиринта внутреннего уха.

Калорический стимулятор – это инструмент, который используют для вызова нистагма во время специальных тестов, которые, в дальнейшем, позволяют судить о целостности вестибулярного аппарата человека.

Термостат (он же терморегулятор, программатор) – это специальный прибор, основной функцией которого является управление работой нагревательного оборудования.

Транзистор – полупроводниковый прибор, предназначенный для усиления, генерирования и преобразования электрических сигналов, а также коммутации электрических цепей.

Аналоговый сигнал – сигнал данных, у которого каждый из представляющих параметров описывается функцией времени и непрерывным множеством возможных значений.

Цифровой сигнал — сигнал, который можно представить в виде последовательности дискретных (цифровых) значений.

### **Нормативные ссылки**

ГОСТ 12.0.003-2015. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

ГОСТ 12.1.038 – 82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение.

ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей среды.

ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования.

СП 9.13130.2009 Техника пожарная. Огнетушители. Требования к эксплуатации.

ГОСТ 12.0.004-2014. Организация обучения безопасности труда.

ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя.

СанПиН 2.2.4-548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»

## Оглавление

Введение	16
1. Обзор литературы	18
1.1 Калорический нистагм	18
1.2 Калорический стимулятор	19
1.3 Термостаты	19
1.4 Термодатчики	20
2. Выбор и обоснование структурной схемы	22
3. Выбор и обоснование принципиальной схемы	24
3.1 Микроконтроллер	24
3.2 ЖК-дисплей в плате расширения	38
3.3 Датчик температуры	31
3.4 Транзистор схемы управления	32
3.5 Нагревательный элемент	33
3.6 Расчёт нагревательного элемента	35
3.7 Кулер	36
4. Алгоритмы	37
4.1 Алгоритм основного цикла программы	37
4.2 Алгоритм подпрограммы редактирования температуры	38
4.3 Алгоритм инициализации датчика температуры DS18B20	39
4.4 Алгоритм инициализации ЖК-дисплея	39
5. Финансовый менеджмент	40
Введение	40
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	40
5.1.1 Анализ конкурентных технических решений	40
5.1.2 Технология QUAD	42
5.1.3 SWOT-анализ	44

5.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	47
5.3 Разработка графика проведения научного исследования	48
5.4 Оценка эффективности исследования	51
6. Социальная ответственность	52
Введение	54
6.1 Производственная безопасность	54
6.1.1. Анализ выявленных вредных факторов	56
6.1.2. Анализ выявленных опасных факторов	58
6.2 Экологическая безопасность	60
6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	61
6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	62
6.4.1 Специальные трудовые нормы трудового законодательства	62
6.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	63
Заключение	64
Список литературы	65
Приложение А	67
Приложение Б	68

## Введение

Организм человека представляет собой сложную саморегулирующуюся иерархическую систему, которая обменивается с окружающей средой веществом, энергией и информацией. Согласование биофизических, биохимических и физиологических процессов, происходящих в тканях и органах, а также приспособление этих процессов к изменяющимся условиям внешней среды осуществляют регулирующие и управляющие системы организма: нервная и эндокринная. Одной из управляющих подсистем организма является вестибулярный аппарат. Являясь сложной биологической системой, вестибулярный аппарат непрерывно обменивается с мозгом информацией о положении тела в пространстве. Любое движение человека или животного, сопряженное с изменением положения всего тела или отдельных частей (рук, ног, головы), контролируется с помощью вестибулярного аппарата. Вот почему физиологическое значение этого аппарата весьма велико.

Исследование вестибулярного аппарата – это многокомпонентное исследование, в ходе которого определяется функциональное состояние органов внутреннего уха, а точнее той его части, которая отвечает за равновесие - полукружных каналов и преддверия. Отклонения в некоторых тестах могут дать указания на патологию центральной нервной системы. Методы исследования вестибулярного аппарата можно разделить на две большие группы:

1. Исследование спонтанных вестибулярных реакций, к которым относятся:

- пробы на координацию движений;
- проверка спонтанного нистагма;
- определение прессорного нистагма и нистагма положения;
- непрямая отолитометрия;
- исследование статического и динамического равновесия.

2. Объективная вестибулометрия, к которой относятся:



- электро- и видеонистагмометрия;
- калорические пробы;
- оптокинетические пробы;
- вращательные тесты.

Целью настоящей работы является изготовление, настройка и исследования температурного стимулятора калорического нистагма, который позволил бы проводить калорические пробы пациентов, являя собой аппарат для исследования вестибулярного аппарата пациента. Для достижения данной цели необходимо решение следующих задач:

- на основании обзора литературы выбрать и разработать структурную и принципиальную схему устройства, отвечающие всем требованиям технического задания;
- выбрать принципиальную схему системы управления, произвести необходимые расчеты, запрограммировать микроконтроллер.
- разработать, собрать и настроить экспериментальный образец температурного стимулятора.

## 1 Обзор литературы

### 1.1 Калорический нистагм

Под калорическим нистагмом понимают движение глаз, возникающее при искусственном охлаждении или согревании лабиринта уха человека. Происхождение нистагма трактуется неоднозначно. Есть несколько теорий по этому поводу. Физическая теория состоит в следующем: промывная вода (холодная или теплая) или воздух действуют своей температурой непосредственно на лабиринт среднего уха (даже при целости барабанной перепонки). Охлаждение или нагревание полукружных каналов вызывает в них течение эндолимфы, что и служит источником возбуждения ампулярных нервов и, как следствие, движения глаз. [1]



Рисунок 1 - Направление нистагма при калоризации правого уха

Пункты а,б,в,г рисунка описывают направление нистагма при различных положениях головы пациента и различных температурах калоризации. а - холодная калоризация правого уха при прямом положении головы, ротаторный нистагм влево; б - при наклоне головы к левому плечу на 90°, нистагм горизонтальный вправо; в - горячая калоризация правого уха при прямом положении головы, ротаторный нистагм вправо; г - при наклоне головы к левому плечу на 90°, горизонтальный нистагм влево. [1]

## **1.2 Калорический стимулятор**

Калорический стимулятор – это инструмент, который используют для вызова нистагма во время специальных тестов, которые, в дальнейшем, позволяют судить о целостности вестибулярного аппарата человека. Воздушно-калорический стимулятор представляет собой устройство, которое подает поток воздуха в ушной канал при контролируемой скорости потока и температуры и которое предназначено для тестирования вестибулярной функции системы баланса тела пациента. Система воздушного калоризатора обеспечивает термическую стимуляцию с помощью тщательно контролируемого потока воздуха. Температура воздуха обычно регулируется от 12 ° С до 50 ° С. Система предусматривает предустановку двух режимов температуры - один для теплой и один для холодной калорической стимуляции. Точный контроль температуры обычно поддерживается за счет использования термостата, расположенного вблизи точки подачи воздуха.

## **1.3 Термостаты**

Термостат (он же терморегулятор, программатор) – это специальный прибор, основной функцией которого является управление работой нагревательного оборудования. Термостаты обычно оснащены термодатчиками, которые устанавливаются в зонах, не сильно отдаленных от непосредственного воздействия нагревательного элемента. Термодатчик передает программатору данные о температуре воздуха в конкретной отдаленной зоне. Термостат в свою очередь устанавливает требуемую, номинальную температуру. Именно таким образом и происходит управление нагревательным элементом с помощью терморегулятора. Современный рынок предлагает несколько видов программаторов: механические, электронные, недельные, с проводным или беспроводным управлением. По функциональности различают два типа терморегуляторов:

- простые программаторы, позволяющие управлять нагревательным элементом исключительно по температуре;

- недельные термостаты – более сложные устройства, с помощью которых можно запрограммировать различные уровни температуры на разные промежутки времени. В зависимости от способа подключения выделяют следующие виды термостатов: проводные, для установки которых необходимо протягивание провода от нагревателя до места расположения терморегулятора; беспроводные, управляющие нагревателем по радиоканалу. Конструкция беспроводного программатора представлена двумя блоками (блоком самого программатора и блоком исполнительного устройства), связанными между собой посредством радиоканала. [2]

#### **1.4 Термодатчики**

Главным элементом любого термостата-программатора является термодатчик. Это устройство, которое позволяет измерить температуру объекта или вещества, используя при этом различные свойства и характеристики измеряемых тел или среды. Несмотря на то, что все термодатчики призваны измерять температуру, разные типы датчиков делают это абсолютно по-разному. Основные три группы датчиков по принципу действия:

- Термоэлектрические (термопары);
- Терморезистивные;
- Полупроводниковые;

##### *Термоэлектрические датчики температуры (термопары)*

Принцип работы этой группы датчиков основан на том, что в замкнутых контурах проводников или полупроводников возникает электрический ток, если места спайки различаются по температуре. Для измерения температуры, один конец термопары помещают в среду измерения, а другой служит для снятия значений. Единственным, но существенным недостатком этого вида измерителей является их довольно большая погрешность, что недопустимо для многих технологических процессов.

*Терморезистивные датчики.* Как следует из названия, этот тип датчиков работает по принципу изменения сопротивления проводника при изменении

его температуры. Благодаря простой и надежной конструкции, датчики этого типа широко применяются в электронике и машиностроении. Неоспоримым плюсом этих измерителей является высокая точность, чувствительность и простые устройства считывания.



Рисунок 2 - Терморезистивный датчик 700-101BAA-B00

*Полупроводниковые термодатчики.* Этот тип датчиков работает на принципе изменения характеристик р-п перехода под воздействием температуры. Так как зависимость напряжения на транзисторе от температуры всегда пропорциональна, можно сделать датчик с высокой точностью измерения. Несомненными плюсами такого решения является дешевизна, высокая точность данных, и линейность характеристик на всем диапазоне измерения. Кроме того, их можно монтировать прямо на полупроводниковой подложке, что делает этот тип датчиков незаменимым для микроэлектронной промышленности. [3]

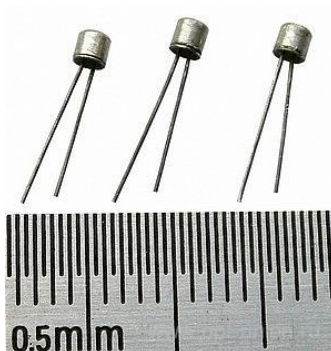


Рисунок 3 - Полупроводниковый датчик LM75A

## 2 Выбор и обоснование структурной схемы

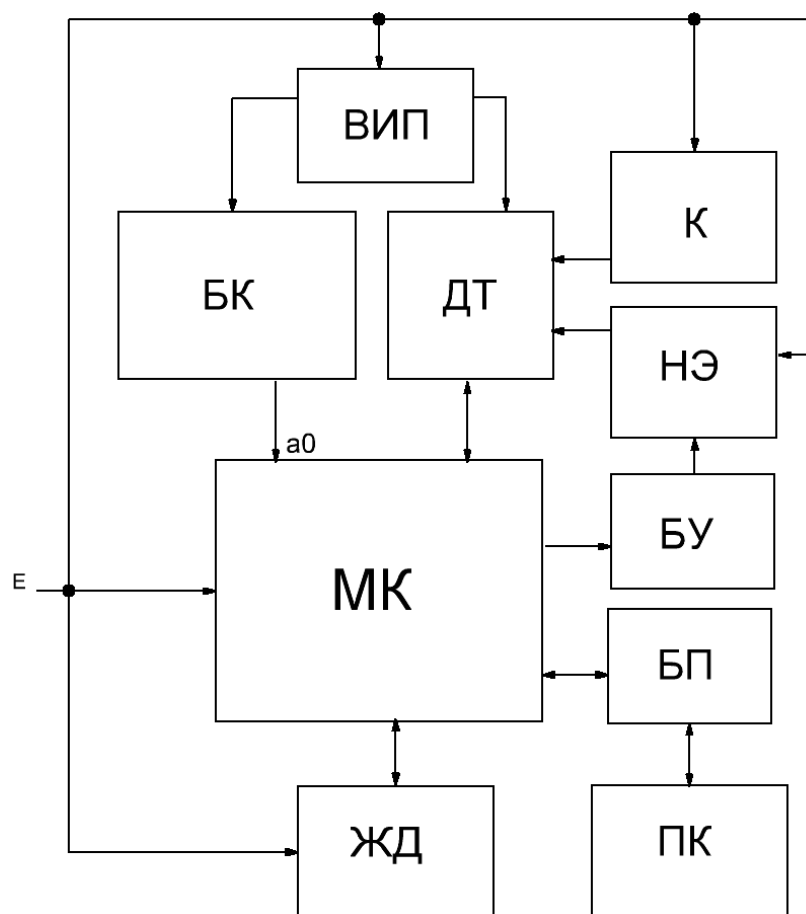


Рисунок 4 - Структурная схема устройства

Структурная схема состоит из 10 блоков, основным из которых является микроконтроллер, через который соединены остальные блоки.

МК – микроконтроллер. Необходим для функциональной связи между всеми блоками данной схемы. Получает информацию в виде значения текущей температуры с датчика температуры (ДТ), отправляет необходимую информацию на ЖК-дисплей (ЖД) и на блок управления (БУ) нагревательным элементом (НЭ).

Блок программирования (БП) – это программно–аппаратное устройство, предназначенное для записи информации в постоянное запоминающее устройство (ПЗУ). Он обеспечивает работу с микросхемой во всех режимах, предусмотренных разработчиком данной микросхемы. Обеспечивает связь микроконтроллера с персональным компьютером (ПК).

Блок коммутации (БК) – обеспечивает коммутацию сигнала ВИП с аналоговым входом а0 микроконтроллера посредством кнопок. Позволяет осуществлять управление режимами температуры на дисплее с помощью кнопок.

Вспомогательный источник питания (ВИП) – необходим для обеспечения питания периферийных устройств.

Кулер (К) – необходим для создания воздушного потока.

### 3 Выбор и обоснование принципиальной схемы

#### 3.1 Микроконтроллер

Платформа Arduino очень популярна среди программистов, инженеров, дизайнеров и людей, интересующихся созданием электронных устройств. Всемирное признание получила за счет удобства, простоты и открытой архитектуре. Очень важным преимуществом является то, что программируется она напрямую через USB. Устройства, созданные на основе Arduino, могут взаимодействовать с окружающей средой посредством различных датчиков и управлять различными устройствами.

Arduino UNO собрана на базе чипа ATmega328p. Платформа имеет 14 цифровых вводов/ выходов (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ), 6 аналоговых входов, кварцевый генератор 16 МГц, разъем USB, силовой разъем, разъем ICSP и кнопку перезагрузки. Для работы необходимо подключить платформу к компьютеру посредством кабеля USB или подать питание при помощи адаптера AC/DC, или аккумуляторной батареей. Внешний вид платформы показан на рисунке [4]



Рисунок 5 - Arduino Uno (вид сверху)



Таблица 1. Характеристики Arduino Mega

Микроконтроллер	ATmega328p
Рабочее напряжение	5 В
Рекомендуемое входное напряжение	7-12 В
Предельное входное напряжение	6-20 В
Цифровые Входы/Выходы	14 6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ)
Аналоговые входы	6
Постоянный ток через вход/выход	40 мА
Постоянный ток для вывода 3.3 В	50 мА
Флеш-память	32 Кб
ОЗУ	2 Кб
EEPROM	1 Кб
Тактовая частота	16 МГц

Чип ATmega328 имеет 3 вида памяти:

- **Flash** (32 Кб, из которых 0.5 используются для хранения загрузчика)
- **SRAM** (ОЗУ 2 Кб)
- **EEPROM** (1 Кб энергонезависимая память)

Питание Arduino UNO может происходить через USB подключение, а также напрямую от внешнего источника питания. В качестве внешнего источника питания может быть использован преобразователь напряжения AC/DC, аккумуляторная батарея. Подключение происходит через разъем

2.1мм, расположенным на плате, либо через выводы Vin и Gnd, подключаемые к плюсу и минусу источника питания соответственно.

Внешнее питание может быть от 6 до 20 В, но рекомендуемое напряжение находится в диапазоне 7-12 В.

На плате расположены выводы питания:

- **VIN.** Данный вход задействуется для питания платформы от внешнего источника, если отсутствует питание от разъема USB.
- **5V.** Вывод используется для питания микроконтроллера, компонентов на плате. Также его можно использовать для питания внешних устройств, подключаемых к Arduino.
- **3.3V.** При подаче питания на плату на данном выводе появляется напряжение 3.3 В, которое генерируется встроенным на плату регулятором AMS1117. Максимальное потребление тока 50 мА.
- **GND.** Выводы заземления.

Помимо выводов питания на плате расположены 14 цифровых входов/выходов и 6 аналоговых.

С помощью функций **pinMode()**, **digitalWrite()**, **digitalRead()** каждый из 14 цифровых выводов может быть настроен как вход или выход. Рабочее напряжение на выводах 5 В. Способны пропускать ток 40 мА.

Некоторые выводы имеют дополнительные функции:

**(0, 1)** – Rx и Tx могут выступать в качестве последовательной шины для передачи(Tx) и получения(Rx) данных TTL.

**2, 3** – могут быть использованы для внешних прерываний.

**0-5** – при помощи функции **analogWrite()** могут обеспечить ШИМ с разрешением 8 бит.

**A0 ...A5** – аналоговые выводы, каждый из которых имеет разрешение 10 бит

**4 (SDA) и 5 (SCL)** - Посредством выводов осуществляется связь I2C (TWI).

**AREF** - Опорное напряжение для аналоговых входов.

**Reset** – используется для перезагрузки микроконтроллера. [4]

Платформа программируется посредством программного обеспечения Arduino IDE. На рисунке представлен скриншот программы Arduino.

Сначала в настройках выбирается микроконтроллер, затем следует написание программы, а последним этапом является загрузка программы внутрь микроконтроллера.

Программы, также они имеют название «скетчи», пишутся на обычном C++, с некоторыми простыми дополнениями и функциями для управления вводом/выводом. Эту версию C++ также называют **Wiring**. Как и в обычном C++ сначала объявляются библиотеки и глобальные переменные, но главной особенностью программ (скетчей) является то, что в них обязательно должны присутствовать две функции: **void setup()** и **void loop()**. В **void setup()** описываются все первоначальные настройки и переменные, которые появляются при запуске платформы. В **void loop()** пишется сама программа которая будет выполнять задачи, возлагаемые на платформу.[5]

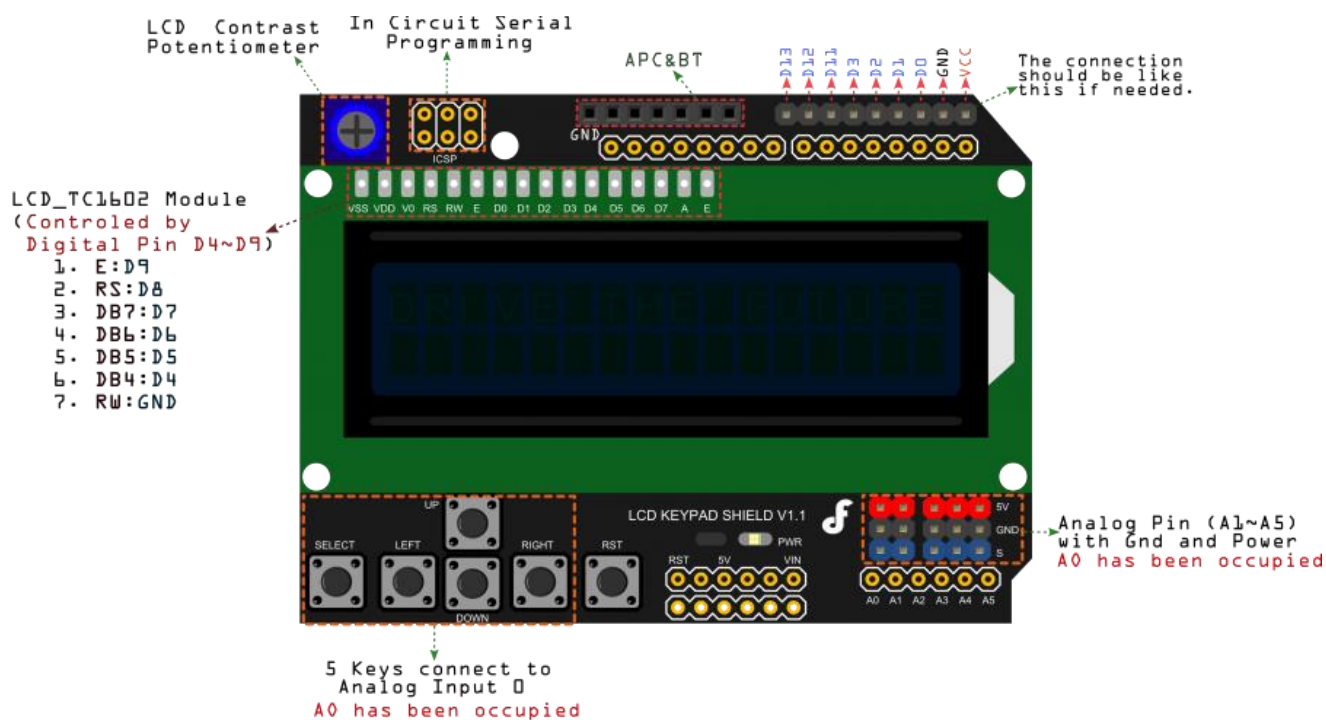
Микроконтроллер ATmega328p поставляется с записанным загрузчиком, облегчающим запись новых программ без использования внешних программаторов. При компиляции и загрузке скетча сначала текст программы передается компилятору avr-gcc, он в свою очередь переводит код программы в машинные коды пригодные для выполнения ядром микроконтроллера. Затем машинный код комбинируется с кодом из стандартных библиотек Arduino. В конечном результате получается файл в формате Intel HEX, который загружается в память микроконтроллера. Обычно запись кода в микроконтроллер выполняет стандартный UART-загрузчик Arduino. [5]

### 3.2 ЖК-дисплей в плате расширения LCD Shield

LCD shield представляет собой плату со встроенными модулями индикации и управления. Индикация осуществляется с помощью LCD - дисплея TC1602, управление – через встроенные кнопки. Есть возможность регулировки яркости дисплея прямо на плате с помощью подстроечного резистора. Плата снабжена разъемами, в которые могут быть подключены другие устройства, например, датчики.

Технические характеристики:

- Тип дисплея: LCD 1602, символьный, 4-х битный режим.
- Разрешение: 16×2 (две строки по 16 символов каждая). Знакоместо 5×8 точек.
- Цвет дисплея: синий (возможны варианты с желтым и зеленым цветом). Буквы белого цвета.
- Технология: STN, Transflective, Positive.
- Контроллер дисплея: HD44780U.
- Предельная частота обновления экрана: 5Гц
- Питание дисплея: 5 Вольт
- Кнопки: 6 кнопок (5 кнопок управления и Reset).
- Дополнительные элементы: регулировка яркости подсветки (потенциометр).
- Рабочая температура экрана: от -20 °С до +70 °С;
- Температура хранения экрана: от -30 °С до +80 °С. [6]



Instruction for D4 To D10 and Analog Pin 0		
Pin	Function	Instruction
Digital 4(D4)	D4~D7 are used as DB4~DB7	Four high order bidirectional tristate data bus pins. Used for data transfer and receive between the MPU and the LCD.
Digital 5(D5)		
Digital 6(D6)		
Digital 7(D7)		
Digital 8(D8)	RS	Choose Data or Signal Display
Digital 9(D9)	Enable	Starts data read/write
Digital 10(D10)	LCD Backlight Control	
Analog 0(A0)	Button select	Select, up, right, down and left

Рисунок 6 – Внешний вид платы расширения и её распиновка

Таблица 2. Описание выводов ЖК-дисплея

Контакт дисплея LCD 1602	Описание
GND	Земля
VDD	Питание 5В
Contrast	Управление контрастом
RS	Команды/Данные

R/W	Чтение/Запись
Enable	Включение (активирование)
DB0	Не используется
DB1	Не используется
DB2	Не используется
DB3	Не используется
DB4	Дата 1
DB5	Дата 2
DB6	Дата 3
DB7	Дата 4

### 3.3 Датчик температуры

В качестве датчика температуры был выбран миниатюрный DS18B20. Сначала предполагалось использование более функционального датчика DHT21, который имеет, к примеру, дополнительную функцию – измерение влажности воздуха, но для текущих целей использование DHT21 являлось бы не целесообразным, из-за высокой цены и избыточной функциональности. [7]

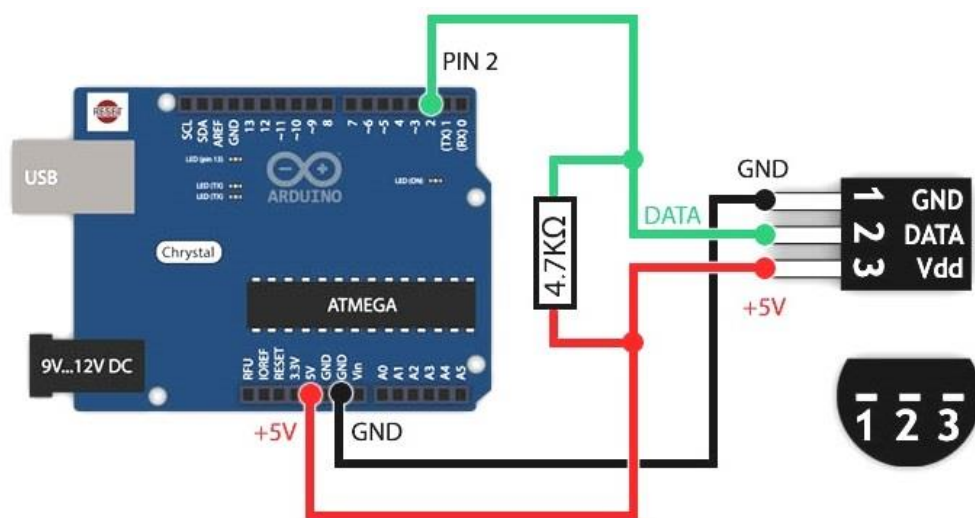


Рисунок 7 - Датчик температуры DS18B20

Датчик температуры DS18B20 представляет собой специализированный микроконтроллер, который имеет установку конфигурации, вычислительное устройство, память программ, память данных и реакцию на внешнее воздействие. Термодатчик DS1820 имеет следующие технические характеристики:

- индивидуальный 64-битный идентификационный номер;
- напряжение питания от +3 до +5,5 В;
- измеряемая температура от -55 до + 125°C;
- погрешность измерения температуры в диапазоне -10...+85°C не более 0,5°C;
- информация о температуре выдается 9-битным кодом;
- установка пороговых значений температуры по максимуму и минимуму;
- максимальное время преобразования температуры в код 750 мс;

- возможность питания от высокого уровня шины данных. Термодатчики выпускают в двух типах корпусов: T0-92 и S0IC. Наиболее удобный для применения в выносном варианте трехвыводной корпус T0-92. Назначение выводов: 1 (5) — общий (земля), 2 (4) — вход/выход, 3 (3) — плюс питания. Для подключения к плате-микроконтроллеру, используется 3 стандартных контакта: GND, +5V, DATA. Но для корректного функционирования датчика следует использовать подтягивающий резистор на 4.7 кОм. Подтягивающий резистор образует цепь, между DATA и +5V, что обеспечивает подтяжку сигнала между проводником, по которому распространяется электрический сигнал, и питанием. [7]

### 3.4 Транзистор схемы управления нагревательного элемента

Зависимость температуры нагрева нагревательного элемента зависит от квадрата тока, протекающего через него. Модулировать ток можно посредством изменения проводимости канала полевого транзистора, либо посредством изменения сопротивления потенциометра. Но так как модуляция тока должна происходить автоматически, в зависимости от температуры, фиксируемой датчиком температуры, было принято решение изменять тока нагрева нагревательного элемента, изменяя значение напряжения затвористок полевого транзистора, подавая на него напряжение с ШИМ-контроллера Arduino.

В качестве такого транзистора был выбран 40n03р, N-канальный MOSFET транзистор. [8]

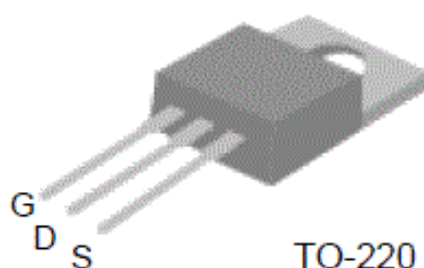


Рисунок 8 - Изображение транзистора 40n03р



Характеристики транзистора 40n03p:

-Drain-Source Напряжение 30V

-Gate-Source Напряжение  $\pm 20V$

-Ток стока 40 А

-Мощность 50W

-Рабочая температура -55 до 150 °C

### 3.5 Нагревательный элемент

Наиболее подходящими и самыми используемыми в производстве нагревателей для электротехнических решений являются прецизионные сплавы с высоким электрическим сопротивлением. К ним относятся сплавы на основе хрома и никеля (хромоникелевые), железа, хрома и алюминия (железохромоалюминиевые). Представителями хромоникелевых сплавов является нихром марок X20H80, X20H80-H (950-1200 °C), X15H60, X15H60-H (900-1125 °C), железохромоалюминиевых – фехраль марок X23Ю5Т (950-1400 °C), X27Ю5Т (950-1350 °C), X23Ю5 (950-1200 °C), X15Ю5 (750-1000 °C). Также существуют железохромоникелевые сплавы - X15H60Ю3, X27H70Ю3. Перечисленные выше сплавы обладают хорошими свойствами жаропрочности и жаростойкости, поэтому они могут работать при высоких температурах. Хорошую жаростойкость обеспечивает защитная пленка из окиси хрома, которая образуется на поверхности материала. Температура плавления пленки выше температуры плавления непосредственно сплава, она не растрескивается при нагреве и охлаждении. [9]

Достоинства нихрома:

- хорошие механические свойства как при низких, так и при высоких температурах;
- сплав крипоустойчив;
- имеет хорошие технологические свойства — пластичность и свариваемость;
- хорошо обрабатывается; не стареет, немагнитен.

Недостатки нихрома:

- высокая стоимость никеля - одного из основных компонентов сплава;

- более низкие рабочие температуры по сравнению с фехралью.

Достоинства фехрали:

- более дешевый сплав по сравнению с нихромом, т.к. не содержит никель;

- обладает лучшей по сравнению с нихромом жаростойкостью, например, фехраль Х23Ю5Т может работать при температуре до 1400 °С (1400 °С - максимальная рабочая температура для нагревателя из проволоки Ø 6,0 мм и более; Ø 3,0 - 1350 °С; Ø 1,0 - 1225 °С; Ø 0,2 - 950 °С).

Недостатки фехрали:

- хрупкий и непрочный сплав, данные негативные свойства особенно сильно проявляются после пребывания сплава при температуре большей 1000 °С;

- т.к. фехраль имеет в своем составе железо, то данный сплав является магнитным и может ржаветь во влажной атмосфере при нормальной температуре;

- имеет низкое сопротивление ползучести; взаимодействует с шамотной футеровкой и окислами железа;

- во время эксплуатации нагревателя из фехрали существенно удлиняются.[9]

Так как в данной работе наиболее важной характеристикой нагревательного элемента является его пластичность, было выбрано решение использовать нихромовую нить D-0,2.

Основные характеристики:

- Диаметр: 0,2 мм

- Тип сплава: Х20Н80 (ГОСТ 8803-89)

- Удельное сопротивление: 30-35 ом/м

- Страна - производитель: Россия

### 3.5.1 Расчёт нагревательного элемента.

Вычислим энергию, которую необходимо приложить к воздуху, объёмом  $V = 7.15 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$  с начальной температурой  $T = 25^\circ\text{град.}$ , чтобы разогреть его на  $\Delta T = 25^\circ\text{град.}$

Удельная теплоёмкость воздуха:  $C = 1 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К} = 274 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град}$

Плотность воздуха:  $\rho = 1.2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

$$Q = 274 \cdot 10^3 \cdot 8.58 \cdot 10^{-6} \cdot 25 = 59 \text{ Дж} = 59 \text{ Вт} \cdot \text{с}$$

Коэффициент теплопроводности нихрома составляет  $\lambda = 11,3 \text{ Вт/}(\text{м} \cdot \text{К})$  или  $\lambda = 3096 \text{ Вт/}(\text{м} \cdot \text{град})$  за единицу времени

Количество теплоты, передаваемое куском нихромовой нити за секунду:

$$\Delta Q = \frac{\lambda}{l} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r \cdot \Delta T, \text{ где } l - \text{длина нити, } r - \text{радиус нити.}$$

Вычислим длину нити, требуемую для передачи 59 Дж тепла воздуху:

$$l = \frac{\lambda}{\Delta Q} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r \cdot \Delta T = 9.88 \text{ см}$$

Вычислим сопротивление нихромовой нити такой длины:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S} = \frac{8500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \text{ см}}{0,2 \text{ мм}^2} = 42,50 \text{ м}$$

Вычислим ток, потребляемый от источника энергии:

$$I = \frac{12 \text{ В}}{42,50 \text{ м}} = 0,282 \text{ А}$$

Вычислим время, за которое данная нихромовая нить при таком токе потребления выделит требуемое количество энергии в виде теплоты:

$$t = \frac{Q}{I^2 \cdot R} = 120 \text{ мс}$$

### 3.6 Кулер

В качестве кулера данной системы был выбран кулер CF-128025MS из-за его повсеместной доступности и простоты подключения.



Рисунок 9 - Внешний вид кулера CF-128025MS

- Питание: DC 12V 0.14A
- Скорость: 2500 rpm
- Поток воздуха: 30.2 CFM
- Уровень шума: 35.5 dBA

## 4 Алгоритмы программы.

### 4.1 Алгоритм основного цикла программы

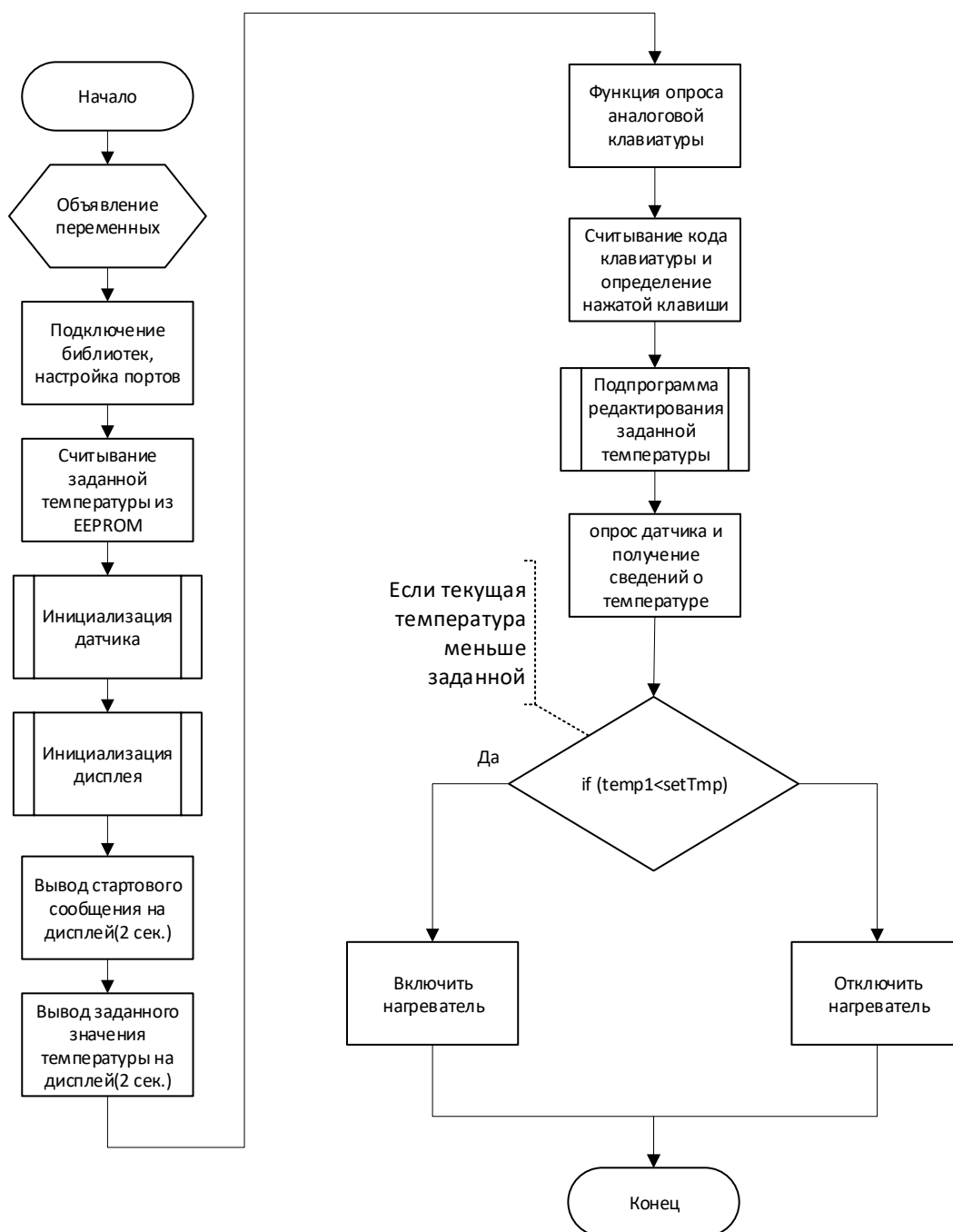


Рисунок 10 - Алгоритм основного цикла программы

## 4.2 Алгоритм подпрограммы редактирования температуры

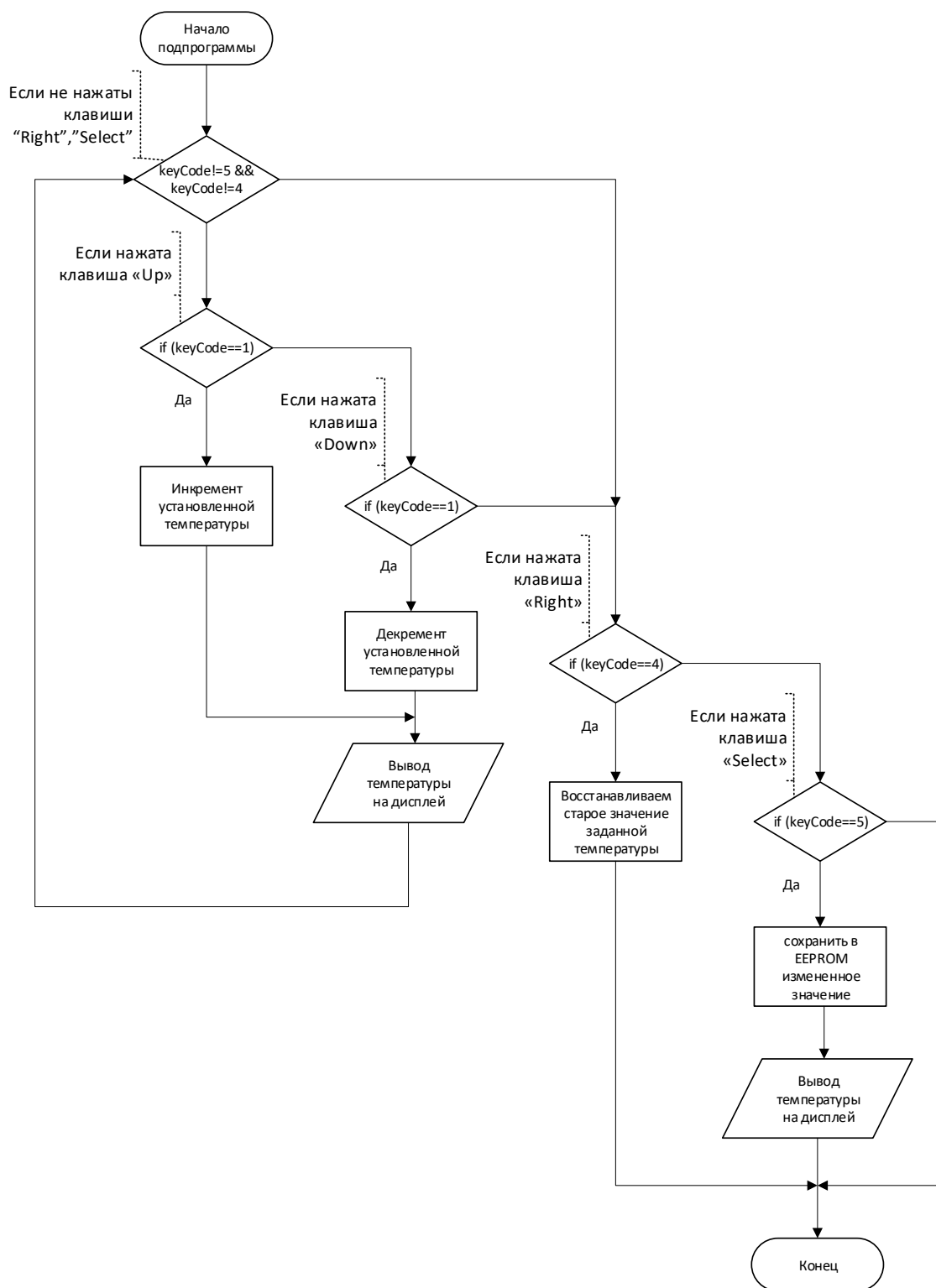


Рисунок 11 - Алгоритм подпрограммы

### 4.3 Алгоритм инициализации датчика температуры DS18B20

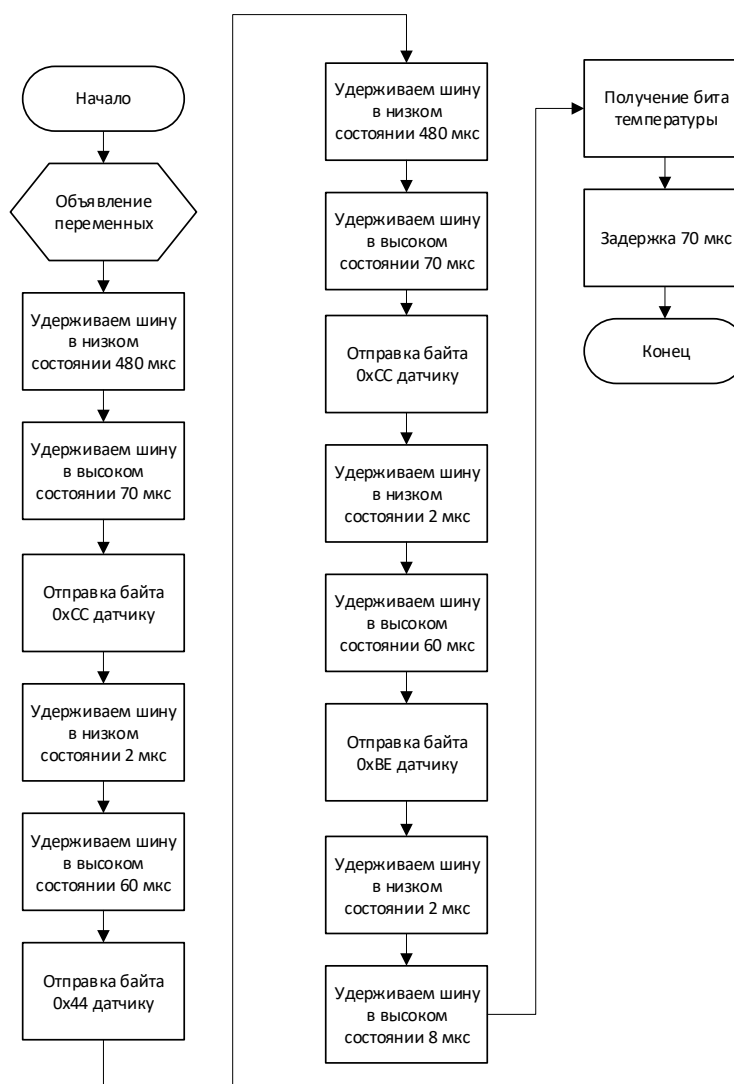


Рисунок 12 - Алгоритм подпрограммы

### 4.4 Алгоритм инициализации ЖК-дисплея

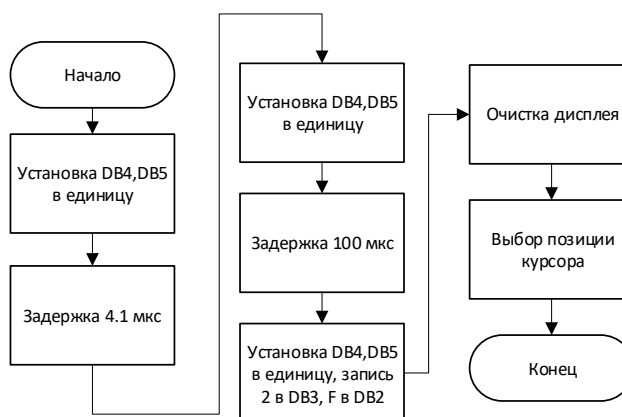


Рисунок 13 - Алгоритм подпрограммы

## **5 Финансовый менеджмент**

### **Введение**

В данной выпускной-квалицированной работе будет разработан и изготовлен прибор для температурной стимуляции вызванного нистагма. Назначение данного прибора заключается в получении реакции вестибулярного аппарата на внешний фактор в виде потока воздуха различной температуры, закачиваемого в ухо пациенту. Реакция вестибулярного аппарата заключается в непроизвольном движении зрачков человека(нистагма) в определённую сторону в зависимости от температуры вдуваемого в ухо потока воздуха. Разработанный в данной выпускной-квалицированной работе прибор может быть использован в медицинском учреждении для анализа и оценки характеристик вестибулярного аппарата пациентов.

Цель данного раздела является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

#### **5.1.1 Анализ конкурентных технических решений**

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot \bar{B}_i$$



где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;  $B_i$  – вес показателя (в долях единицы);  $B_i$  – балл  $i$ -го показателя

Конкурент 1: ICS AirCal, веб-сайт:

<https://otometrics.natus.com/products-services/ics-aircal#top>

ICC AirCal — это воздушно-калорический ирригатор, который является гибким, тихим и портативным. Отличие данного аппарата от проектируемого устройства в том, что здесь есть возможность установить интенсивность звукового сигнала, который позволяет узнать, какое время стимула достигнуто. Недостаток ICC AirCal в том, что он весит 18 фунтов или 8 кг, а также в том, что ICC AirCal имеет закрытый код – возможность подключения сторонних аппаратных частей невозможна, что предполагает собой сразу комплексную покупку всех аппаратных частей именно от этой фирмы для полного анализа вестибулярного аппарата.

Конкурент 2: ICS NCA 200, веб-сайт:

<http://www.audionika.cz/public/files/ics%20nca%20brochrue.pdf>

ICS NCA 200 — это водный ирригатор. Достоинства данного аппаратного решения в том, что он имеет достаточно низкую температурную погрешность. Недостаток данного аппарата в его массе – 20 кг. Так же, существенным недостатком является зависимость от наличия водного резервуара, например, предыдущий конкурент, а также аппарат, проектируемый в данной ВКР не имеют такого недостатка, т.к. поток воздуха создаётся электрическим током, протекающим через электродвигатель кулера. NCA 200, как и ICC AirCall проигрывают проектируемому в данной ВКР прибору в наличии закрытого кода.

Таблица 3 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Бф	Бк1	Бк2	Кф	Кк1	Кк2
		3	4	5	6	7	8

<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
3. Надежность	0,1	3.5	4.5	4.5	0.3 5	0.4 5	0.4 5
7. Безопасность	0,05	4	4.5	4	0.2	0.2 25	0.2
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,15	4.5	4	4.5	0.6 25	0.6	0.6 75
10. Простота эксплуатации	0,15	5	4	4	0.7 5	0.6	0.6
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,05	3.75	4.5	4.5	0.1 875	0.2 25	0.2 25
12. Ремонтопригодность	0,1	3	2.5	2.5	0.3	0.2 5	0.2 5
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
13. Конкурентоспособность продукта	0,1	3.5	4.5	4.5	0.3 5	0.4 5	0.4 5
16. Цена	0,2	3.75	2	2.5	0.7 5	0.4	0.5
18. Финансовая эффективность научной разработки	0,1	4.5	3	3.5	0.4 5	0.3	0.3 5
Итого	1				3.9 625	4.6 25	4.6 35

Уязвимость позиции конкурентов обусловлена их высокой ценой разработки, плохой ремонтопригодности вследствие закрытого кода и достаточно средней финансовой эффективностью научной разработки. За счёт преимущества в данных критериях появляется возможность занять свою нишу и увеличить определенную долю рынка. Это же и является конкурентным преимуществом разработки. Однако, в целом, стоит отметить, что конкурентоспособность приведённых аналогов всё же высокая, в большинстве своём, из-за надёжности и стабильного положения на уже существующем рынке температурных стимуляторов.

### **5.1.2 Технология QuaD**

Для описания качества новой разработки и ее перспективности на рынке, позволяющее принимать решение целесообразности вложения

денежных средств в научно-исследовательский проект, используем технологию QuaD (Таблица 1).

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i,$$

где  $P_{cp}$  – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

Значение  $P_{cp}$  позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя от 79 до 60 – то перспективность выше среднего.

Таблица 4 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5/2)
1	2	3	4	5	
<b>Показатели оценки качества разработки</b>					
3. Надежность	0,1	70	100	0,7	7
7. Безопасность	0,05	80	100	0,8	16
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,15	90	100	0,9	6
10. Простота эксплуатации	0,15	100	100	1	6,67
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,05	75	100	0,75	15
12. Ремонтопригодность	0,1	60	100	0,6	6
<b>Показатели оценки коммерческого потенциала разработки</b>					
13. Конкурентоспособность продукта	0,1	70	100	0,7	7
16. Цена	0,2	75	100	0,75	3,75
18. Финансовая эффективность научной разработки	0,1	90	100	0,9	9

Итого	1				76,42
-------	---	--	--	--	-------

Исходя из того, что перспективность данной разработки выше среднего, можно сделать вывод о том, что инвестирование в разработку и развитие данного продукта стоит того и даст хорошие результаты. Полученный температурный стимулятор будет конкурентоспособным на рынке медицинских приборов и аппаратуры.

### 5.1.3 SWOT – анализ

SWOT-анализ помогает выявить слабые и сильные стороны проекта, также возможности и угрозы, то есть исследовать данный проект (работу) для внешней и внутренней среды (Таблица 3).

Таблица 5 - Матрица SWOT

<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>С1. Наличие бюджетного финансирования.  С2. Высокая функциональная мощность разработки.  С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.  С4. Легкое в освоении ПО.  С5. Квалифицированный персонал.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл1. Отсутствие инжиниринговой компании, способной построить производство под ключ  Сл2. Слабая эргономичность.  Сл3. Большой срок поставок комплектующих  Сл4. Закупить плату можно только в специализированном магазине.</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Включение в проект элемента видеонаблюдения.  В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт.  В3. Снижение таможенных пошлин на материалы, используемые при научных исследованиях.  В4. Снижение уровня конкурентоспособности у аналогичных компаний.</p>	<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Отсутствие спроса  У2. Развитая конкуренция технологий производства  У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции  У4. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства.</p>

Второй этап состоит в выявлении сильных и слабых сторон проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Таблица 6 - Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	-	-	-	+
	B2	-	+	+	-	-
	B3	-	-	-	-	-
	B4	-	+	+	+	+

Анализ интерактивных таблиц представляется в форме записи сильно коррелирующих сильных сторон и возможностей:

B1B4C2C3

Таблица 7 - Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	-	+	+	-
	B2	-	+	-	-
	B3	-	-	+	-
	B4	+	+	+	0

Анализ интерактивных таблиц представляется в форме записи сильно коррелирующих сильных сторон и возможностей:

B1B4Сл2Сл3

Таблица 8 - Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	-	+	-	-
	У2	-	-	+	+	-
	У3	-	-	-	-	+
	У4	+	-	+	-	-

Анализ интерактивных таблиц представляется в форме записи сильно коррелирующих сильных сторон и возможностей:

У1У2У4С3

Таблица 9 - Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	+	-	-
	У2	+	0	+	-
	У3	+	-	-	+
	У4	+	-	+	-

Анализ интерактивных таблиц представляется в форме записи сильно коррелирующих сильных сторон и возможностей:

У2У4Сл1Сл3

Составив и проанализировав интерактивные матрицы проекта, составим итоговую матрицу SWOT-анализа (Таблица 8).

Таблица 10. Итоговая матрица SWOT

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b> С1. Наличие бюджетного финансирования. С2. Высокая функциональная мощность разработки. С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями. С4. Легкое в освоении ПО. С5. Квалифицированный персонал.	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b> Сл1. Отсутствие инжиниринговой компании, способной построить производство под ключ Сл2. Слабая эргономичность. Сл3. Большой срок поставок комплектующих Сл4. Закупить плату можно только в специализированном магазине.
<b>Возможности:</b> В1. Включение в проект элемента видеонистагмографии. В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт. В3. Снижение таможенных пошлин на материалы, используемые при научных исследованиях. В4. Снижение уровня конкурентоспособности у аналогичных компаний.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Высокая функциональная мощность разработки и более низкая стоимость по сравнению с конкурентами позволят включить в проект дополнительный элемент видеонистагмографии, а также, способны понизить конкурентоспособность аналогичных приборов в сравнении с данным прибором.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Слабая эргономичность устройства и большой срок поставок требуемых комплектующих способны слишком замедлить достижение возможности включения в проект дополнительных плат расширения в виде редкой платы нистагмографа, а также, могут повысить планку конкурентоспособности аналогов в силу удобства их использования.</li> </ul>
<b>Угрозы:</b> У1. Отсутствие спроса У2. Развитая конкуренция технологий производства У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции У4. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями позволяет нивелировать несколько угроз сразу: отсутствие спроса – в виду низкой цены. Развитая конкуренция – в виду отсутствия спроса у конкурентов.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Отсутствие инжиниринговой компании, большой срок поставок требуемых комплектующих могут привести к несвоевременному финансовому обеспечению со стороны государства в виду длительного срока формирования сметы на комплектующие.</li> </ul>

Благодаря SWOT-анализу, можно сделать вывод о том, что сильной стороной проекта является его функциональная мощность, что позволит расширить диапазон возможностей, а также уменьшить влияние угроз на реализацию проекта. Но слабая эргономичность и большой срок поставки комплектующих, может сильно усложнить выход товара на рынок.

## **5.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований**

Морфологический подход основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей строения (морфологии) объекта исследования. Синтез охватывает как известные, так и новые, необычные варианты, которые при простом переборе могли быть упущены. Путем комбинирования вариантов получают большое количество различных решений, ряд которых представляет практический интерес. Реализация метода предусматривает следующие этапы.

1. Точная формулировка проблемы исследования.
2. Раскрытие всех важных морфологических характеристик объекта исследования.
3. Раскрытие возможных вариантов по каждой характеристике. В рамках этого этапа составляется морфологическая матрица.

Таблица 11 - Морфологическая матрица проекта.

	1	2	3
А.Вещество, вызывающее реакцию движения зрачков	Вода	Воздух	Спец. раствор
Б.Приведение в рабочее состояние	По кнопке	Автоматическое включение	Непрерывный режим работы
В.Питание	От источника постоянного тока	От батарейки	От альтернативных источников питания
Г.Форма корпуса	Цилиндр	Куб	Тетраэдр
Д.Вещества нагревательного элемента	Фехраль	Нихром	Медь
Е.Масса прибора	<300гр.	От 300гр. До 500гр.	>500гр.
Ж.Чем создаётся поток воздуха	Насосом	Кулером	Вытяжкой

Выбор наиболее желательных функционально конкретных решений.

A2B1B1Г2Д2Е1Ж2

A1B3B2Г2Д1Е2Ж2

A2B2B3Г1Д2Е1Ж1

### 5.3 Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.








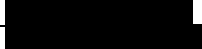
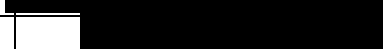


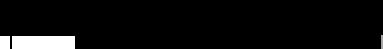


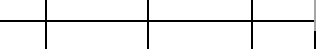










Таблица 12 – Временные показатели проведения научного исследования

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
					$T_{РД}$		$T_{КД}$	
		$t_{min}$	$t_{max}$	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
1.Выбор направления исследований	НР-100%	2	4	3	3	—	3	—
2.Составление и утверждение технического задания	НР-80%, И-20%	3	5	4	3	1	4	1
3.Календарное планирование работ по теме	НР-60%, И-40%	1	4	2	1	1	2	1
4.Подбор и изучение материалов по теме	НР-25%, И-75%	10	14	12	3	9	4	10
5.Написание теоретической части	НР-20%, И-80%	5	8	6	1	5	1	6
6.Определение целесообразности ОКР	НР-70%, И-30%	14	21	18	14	4	15	6
7.Закупка комплектующих	И-100%	1	2	1	—	1	—	2
8.Разработка алгоритма	И-100%	4	7	5	—	5	—	6
9.Разработка и расчет параметров принципиальной схемы	И-100%	31	47	37	—	37	—	45
10.Конструирование и изготовление макета	НР-15%, И-85%	21	25	23	4	19	5	22
11.Лабораторные испытания макета	НР-10%,И-90%	10	15	12	1	11	1	13
12.Оценка полученных результатов	НР-70%, И-30%							
13.Итоговое оформление работы	И-100%							
Итого:		102	152	123	30	93	35	112

Научный руководитель (НР) Литвак М. М., доцент ИШНКБ


Инженер (И) –Санжиев Ч.Б., студент ТПУ

Таблица 13 - Линейный график работ

Вид работы	Литвак	Санжиев	Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь
			10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10
1	1	3													
2	6														
3		7													
4		10													
5		18													
6	6														
7		39													
8		29													
9	4	6													
10	4	7													
11	1	5													
12	6														
13		10													

Дата начала составления ВКР – 01.02.2018. Ожидаемая дата окончания работ над ВКР – 10.06.2018.

Научный руководитель (Литвак М. М.) – 

Инженер (Санжиев Ч. Б.) – 

## **5.4 Оценка эффективности исследования**

На основании проведенных анализов, исследований можно сделать вывод, касаясь выбора дальнейших перспектив разработки на рынке товаров, выбора сегмента рынка для реализации разработки, а также выделить альтернативы в стратегии модернизации разработки. В данном разделе был приведён SWOT-анализ для оценки коммерческого потенциала и перспективности устройства контроля температуры и влажности. Исходя из итоговой матрицы, можно сказать, что сильные стороны проекта позволяют улучшить проект и воплотить возможности. Был получен опыт проведения SWOT-анализа для технических устройств и оценки их коммерческого потенциала и перспективности.

Данной разработке необходимо произвести модернизацию, что в свою очередь поможет устранить некоторые недостатки разработки, а также может добавить новые преимущества к уже имеющимся по сравнению с конкурентами. После проведения модернизации конкурентоспособность разработки может существенно вырасти на рынке товаров. Для того чтобы модернизация имела как можно больший эффект, необходимо будет произвести качественный анализ в области выбора рынка, на котором будет реализовываться разработка, а также выявить слабые стороны продукции у конкурентов. По результатам проведенного анализа будет определено, в котором должна быть произведена модернизация разработки. Путей модернизации может быть несколько, например: 1) Модернизация разработки в целях минимизации влияния слабых сторон разработки на ее реализацию, либо, где это возможно, устранить слабые стороны. 2) На основании выявленных слабых сторон у продукции конкурента определить, имеются ли у нашей разработки такие же слабые стороны, и если имеются, то попытаться их устранить. 3) Произвести модернизацию в направлении усовершенствования разработки в тех местах, где у конкурентов недостатки.